



# Parallele Implementierung und Analyse von Particle-in-Cell-Verfahren

mehrere Bachelor-, Master- oder Zulassungsarbeiten, Ausschreibungsdatum: 28. 03. 2017

## Hintergrund

Am Lehrstuhl Mathematik VI werden analytische Fragestellungen rund um das Verhalten von Teilchenensembles, die unter Gravitation wechselwirken (z. B. Galaxien oder Kugelsternhaufen), untersucht [1]. Dabei geht es um spannende Fragestellungen, wie z. B.: „**Wann entsteht ein schwarzes Loch?**“ oder „**Gibt es einen kosmischen Zensor?**“ Um die analytische Beantwortung dieser Fragestellungen zu unterstützen, sollen numerische Simulationen mit Hilfe des Particle-in-Cell-Verfahrens [2] durchgeführt werden. Ausgehend von einem Anfangszustand des Teilchenensembles werden dabei eine Reihe von Simulationsschritten ausgeführt, in denen jeweils die aktuellen Feldstärken der wirkenden Kraftfelder und die daraus resultierenden Kraftwirkungen auf die Teilchen berechnet und die Teilchen gemäß der berechneten Kraftwirkungen bewegt werden. Da diese Simulationen sehr rechenzeitaufwendig sind, ist eine Beschleunigung durch Parallelisierung wünschenswert.

Aus diesem Grund wurden bereits einige Schritte hin zu einer effizienten Parallelisierung unternommen, wobei zunächst der Schwerpunkt auf der Verteilung der Partikelberechnungen lag. Dabei wurde sowohl die parallele Implementierung mit POSIX Threads für Workstations als auch die parallele Implementierung mit MPI für Cluster und Supercomputer betrachtet [3]. Anschließend wurde zur Verbesserung der Skalierbarkeit im Rahmen einer Bachelorarbeit [4] die zusätzliche Parallelisierung der Feldberechnungen betrachtet.

## Aufgabenstellung

Die bereits vorhandenen parallelen Implementierungsvarianten des Particle-in-Cell-Verfahrens sollen analysiert und weiter verbessert werden, damit die numerischen Simulationen mit höherer Genauigkeit und in kürzerer Zeit durchgeführt werden können. Weiterhin wäre die Erschließung neuer Architekturen (Grafikprozessoren, Xeon Phi) interessant. Nicht zuletzt soll die Funktionalität der Software (z. B. Hinzufügen einer Schrittweitensteuerung) sowie deren Architektur (z. B. einfache Austauschbarkeit verschiedener Koordinatensysteme) verbessert werden. Die erstellten parallelen Implementierungsvarianten sollen durch Anwendung auf eine spezielle Fragestellung zum Verhalten von Teilchen im Gravitationsfeld ausführlich mit Hilfe von Laufzeitexperimenten auf mehreren Parallelrechnern hinsichtlich ihrer Skalierbarkeit und ihres Lokalitätsverhaltens untersucht werden.

## Erforderliche Kenntnisse und Fähigkeiten

C/C++, parallele Programmierung (POSIX Threads, OpenMP, MPI, evtl. GPU-Programmierung), Bewertung und Vergleich paralleler und sequentieller Programme

## Betreuer

Dr. Matthias Korch<sup>1</sup>, Prof. Dr. Gerhard Rein<sup>2</sup>

## Literaturverzeichnis

- [1] G. Rein. *Numerische Simulation für das Vlasov-Poisson- und das Einstein-Vlasov-System*. Mathematisches Institut der Universität Bayreuth, Oktober 2010.
- [2] Yu. N. Grigoryev, V. A. Vshivkov und M. P. Fedoruk. *Numerical „Particle-In-Cell“ Methods: Theory and Applications*. VSP, 2002.
- [3] Matthias Korch, Tobias Ramming, and Gerhard Rein. Parallelization of particle-in-cell codes for nonlinear kinetic models from mathematical physics. In *Proceedings of the 2013 International Conference on Parallel Processing (ICPP 2013)*, pages 523–529. IEEE Computer Society Press, 2013. Short Paper.
- [4] O. Zier. *Weiterentwicklung eines parallelen Particle-in-Cell-Codes für nichtlineare Modelle der mathematischen Physik*. Bachelor-Thesis, Universität Bayreuth, März 2017.
- [5] T. Rauber und G. Rüniger. *Parallel Programming for Multicore and Cluster Systems*. Springer, 2010.

<sup>1</sup> Büro: AI 2.11, Tel.: 7705, E-Mail: [korch@uni-bayreuth.de](mailto:korch@uni-bayreuth.de)

<sup>2</sup> Lehrstuhl Mathematik VI, Tel.: 3287, E-Mail: [gerhard.rein@uni-bayreuth.de](mailto:gerhard.rein@uni-bayreuth.de)